

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003年10月2日 (02.10.2003)

PCT

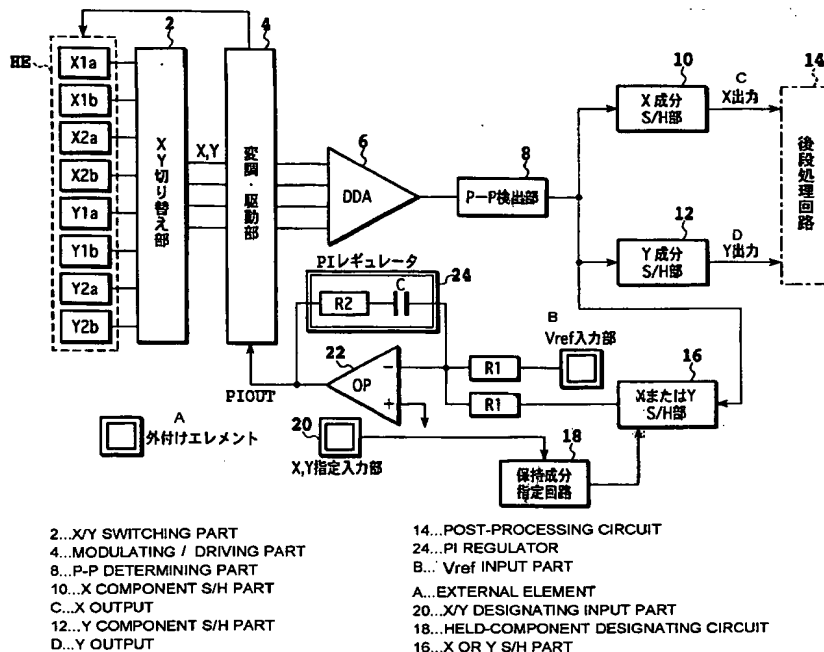
(10) 国際公開番号  
WO 03/081182 A1

- (51) 国際特許分類: G01D 5/14, G01R 33/02 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03457 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 角田 勝巳  
(22) 国際出願日: 2003年3月20日 (20.03.2003) (KAKUTA, Katsumi) [JP/JP]; 〒419-0201 静岡県 富士  
(25) 国際出願の言語: 日本語 市 厚原76-17 Shizuoka (JP). ショットクリスチャン  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (SCHOTT, Christian) [DE/CH]; CH-1110 モルジュ  
(30) 優先権データ: 特願2002-81955 2002年3月22日 (22.03.2002) JP アベニュー デュ デライ 4 Morges (CH).  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 旭成株式会社 (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒530-8205 大阪府 大阪市 北区堂島浜1丁目  
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ANGLE DETERMINING APPARATUS AND ANGLE DETERMINING SYSTEM

(54) 発明の名称: 角度検出装置および角度検出システム



(57) Abstract: There are provided an angle determining apparatus that can provide a precise determination of the angle of magnetic field by use of a simple circuit arrangement, and an angle determining system for determining the angle of magnetic field. There are included hole elements (HE), an X/Y switching part (2), a modulating/driving part (4), a DDA (6), a P-P determining part (8), S/H parts (10, 12), a post-processing circuit (14), an S/H part (16), a held-component designating circuit (18), an X/Y

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

designating input part (20), and an operational amplifier (22). According to this angle determining apparatus, the X and Y components held by the S/H parts (10,12), respectively, are used to obtain the tangent  $\theta$  directly without providing any separate calculation processings that obtain the sine  $\theta$  and the cosine  $\theta$  so as to obtain the tangent  $\theta$ .

(57) 要約: 簡易な回路構成にも拘わらず、磁場の正確な角度検出を可能とした角度検出装置、および、磁場の角度を検出するための角度検出システムを提供する。HEはホール素子、2はXY切り替え部、4は変調・駆動部、6はDDA、8はP-P検出部、10および12はS/H部、14は後段処理回路、16はS/H部、18は保持成分指定回路、20はX、Y指定入力部、22は演算増幅器である。この角度検出装置によれば、個別的な演算処理を施して $\sin \theta$ および $\cos \theta$ を求め、さらに、 $\tan \theta$ を求めるといったことを行うことなく、S/H部(10)に保持されたX成分、および、S/H部(12)に保持されたY成分から直ちに $\tan \theta$ を求めることが可能となる。

## 明 細 書

## 角度検出装置および角度検出システム

5

## 技術分野

本発明は、角度検出装置および角度検出システムに関するものである。

さらに詳述すると、本発明は、少なくとも2方向の磁気成分を検出する磁気センサ部からの出力信号に基づいて、磁場との相対角度を検出する角度検出装置、ならびに、この角度検出機能を備えた角度検出システムに関するものである。

10

## 背景技術

従来から、ホール素子などの磁気センサを用いた角度検出装置が種々知られている。これら従来の角度検出装置では、所謂スピニングカレントメソッドに基づいた構成を採ることにより、ホール素子出力に含まれるオフセット誤差を相殺することが広く知られている。このスピニングカレントメソッドについては、たとえば、Alberto Bilotti, Gerardo Monreal および Ravi Vig 著による「MONOLITHIC MAGNETIC HALL SENSOR USING DYNAMIC QUADRATURE OFFSET CANCELLATION」, Allegro MicroSystems, Inc. 発行, Technical Paper STP 97-10 に記載されている。

20

また、米国特許第5, 942, 895号公報に記載されているように、磁気収束板の下部にホール素子を配置することにより、正確な磁気検出を行うことが知られている。

25

しかしながら、これらの従来技術により磁場の角度検出を行う際には、一つのホール出力ごとに既定のデジタル処理を施していき、最後に角度情報を得る

ための演算処理を行うこと等が必要になるので、回路規模の拡大ならびに生産コストの上昇は避けられない問題であった。

特に、半導体プロセスなどにより超小型の角度検出装置を実現しようとする場合には、回路構成の簡略化および装置全体の小型化は、ぜひとも解決しなければならぬ課題となっている。

よって本発明の目的は、上述の点に鑑み、簡易な回路構成にも拘わらず、正確な角度検出を可能とした角度検出装置および角度検出システムを提供することにある。

## 10 発明の開示

上記の目的を達成するために、請求項 1 に係る本発明は、少なくとも 2 方向の磁気成分を検出する第 1 および第 2 の磁気センサ部からの出力信号を入力し、前記磁気成分から磁場との相対角度を検出する角度検出装置であって、前記第 1 の磁気センサ部により検出された第 1 の方向成分の出力信号が一定値を有するように制御する制御手段と、前記第 1 の磁気センサ部が前記制御手段により制御されるときと同じ駆動条件により、前記第 2 の磁気センサ部を駆動して第 2 の方向成分の出力信号を検出する駆動手段と、を具備したものである。

請求項 2 に係る本発明は、少なくとも 2 方向の磁気成分を検出する第 1 および第 2 の磁気センサ部を備え、前記磁気成分から磁場との相対角度を検出する角度検出装置であって、前記第 1 の磁気センサ部により検出された第 1 の方向成分の出力信号が一定値を有するように制御する制御手段と、前記第 1 の磁気センサ部が前記制御手段により制御されるときと同じ駆動条件により、前記第 2 の磁気センサ部を駆動して第 2 の方向成分の出力信号を検出する駆動手段と、を具備したものである。

請求項 3 に係る本発明は、請求項 1 または 2 に記載の角度検出装置において、前記第 1 の磁気センサ部と前記第 2 の磁気センサ部は、それぞれ、対向する一

対の磁気センサを備えており、これら一対の磁気センサは互いに直交する直線上に配置されている。

請求項 4 に係る本発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第 1 の磁気センサ部および前記第 2 の磁気センサ部は、磁気  
5 収束板の端部に近接して配置されている。

請求項 5 に係る本発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記制御手段は、前記第 1 の方向成分の出力信号が前記一定値を有するように制御するための帰還制御ループを備えている。

請求項 6 に係る本発明は、請求項 5 に記載の角度検出装置において、前記制御手段は、前記帰還制御ループを切断させる帰還停止手段を備えている。  
10

請求項 7 に係る本発明は、請求項 5 または 6 に記載の角度検出装置において、前記帰還制御ループは演算増幅器を備え、該演算増幅器の反転入力端には、前記第 1 の方向成分の出力信号または前記第 2 の方向成分の出力信号のいずれか一方が抵抗を介して入力され、且つ、該演算増幅器の反転入力端には、基準入力電圧が抵抗を介して入力されている。  
15

請求項 8 に係る本発明は、請求項 7 に記載の角度検出装置において、前記演算増幅器の反転入力端に入力される、前記第 1 の方向成分の出力信号または前記第 2 の方向成分の出力信号は、指定入力部から供給される指定に基づいて決定される。

請求項 9 に係る本発明は、請求項 7 または 8 に記載の角度検出装置において、前記演算増幅器の出力端と反転入力端との間には P I レギュレータが接続されている。  
20

請求項 10 に係る本発明は、請求項 6 ～ 9 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記帰還停止手段は、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部を既定の固定電圧で駆動する。  
25

請求項 11 に係る本発明は、請求項 7 ～ 10 のいずれかの項に記載の角度検

出装置において、前記帰還停止手段は、前記演算増幅器をボルテージフォロアとして作動させる。

請求項 1 2 に係る本発明は、請求項 7 ～ 1 1 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部は、前記演算増幅器の出力端から得られる電圧に基づいて駆動される。

請求項 1 3 に係る本発明は、請求項 1 ～ 1 2 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部は、スピニングカレントメソッドに従って駆動される。

請求項 1 4 に係る本発明は、請求項 6 ～ 1 3 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、当該角度検出装置の電源を投入した直後には、前記帰還停止手段により前記帰還制御ループの機能を停止させた状態を保持しつつ、少なくとも 2 方向の磁気成分を検出する前記第 1 および第 2 の磁気センサ部からの検出出力に基づいて角度領域の判定を行う領域判定手段、を有する。

請求項 1 5 に係る本発明は、請求項 1 4 に記載の角度検出装置において、前記領域判定手段は、角度領域の判定を行うに際して、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部から得られた前記第 1 および第 2 の方向成分の出力信号の絶対値と符号の正負とを用いる。

請求項 1 6 に係る本発明は、請求項 1 ～ 1 5 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部からの出力に基づいてそれぞれ検出された前記第 1 および第 2 の方向成分の出力信号の符号を、磁場との相対角度に応じて、反転させる符号反転手段と、前記一定値を有するように制御すべき前記第 1 の方向成分の出力信号を、前記第 2 の方向成分の出力信号に切り替える成分切替手段とを備え、角度の検出可能範囲を拡張する。

請求項 1 7 に係る本発明は、請求項 1 6 に記載の角度検出装置において、前記成分切替手段は、前記第 2 の方向成分の出力信号に切り替えた後、再び前記

第1の方向成分に切り替える。

請求項18に係る本発明は、請求項1～17のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、前記第1の磁気センサ部により検出された前記第1の方向成分の出力信号または前記第2の磁気センサ部により検出された前記第2の方向成分の出力信号に応答して、所定クロックの計数動作を行う計数手段と、前記計数手段の計数値を、予め定めた変換値に変換する第1の変換手段と、前記第1または第2の方向成分の出力信号の値と前記変換値とを比較して、前記変換値が前記第1または第2の方向成分の出力信号の値に達したとき、前記計数手段による計数動作を停止させる計数停止手段と、前記計数値を角度情報に変換する第2の変換手段と、を有する。

請求項19に係る本発明は、請求項18に記載の角度検出装置において、前記計数値は検出角度 $\theta$ に対応し、前記変換値は $\tan \theta$ に対応している。

請求項20に係る本発明は、請求項18または19に記載の角度検出装置において、前記第1の変換手段は、検出角度 $\theta$ を $\tan \theta$ に変換するロジック回路を有する。

請求項21に係る本発明は、請求項18～20のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記計数停止手段は、前記第1の磁気センサまたは第2の磁気センサ部からの出力に基づいて検出されたタンジェント値を入力する第1入力端と、前記第1の変換手段からの出力に対応したタンジェント値を入力する第2入力端と、を有する比較器である。

請求項22に係る本発明は、請求項18～21のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第1の変換手段の出力端と、前記計数停止手段の入力端は、D/Aコンバータを介して接続されている。

請求項23に係る本発明は、請求項22に記載の角度検出装置において、前記D/Aコンバータの参照電圧として、前記第1および第2の磁気センサ部からの出力に基づいて検出された前記第1および第2の出力信号のうち、前記一

定値を有するように制御した方向成分の出力信号を用いる。

請求項 2 4 に係る本発明は、請求項 1 8 ～ 2 3 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第 2 の変換手段は、前記角度情報を得るための所定の補間処理を行う。

- 5      請求項 2 5 に係る本発明は、請求項 1 8 ～ 2 4 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、前記第 1 の磁気センサ部または前記第 2 の磁気センサ部からの出力に基づいて検出された前記第 1 および第 2 の方向成分の出力信号を入力し、前記第 2 の変換手段から出力された角度情報に対してオフセット角度値の加算処理を行うオフセット補正手段、を有する。
- 10      請求項 2 6 に係る本発明は、請求項 1 ～ 2 5 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、角度に依存する信号を角度に対して直線的に変化する複数の角度領域に分割し、その領域を判定する判定手段を備え、角度の抽出を、近似直線の傾きの調節と、オフセット加算による一次変換とにより行う。
- 15      請求項 2 7 に係る本発明は、請求項 1 ～ 2 6 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部は、ホール素子を有する。
- 請求項 2 8 に係る本発明は、請求項 2 2 に記載の角度検出装置において、前記ホール素子は、磁気収束板の端部に近接して配置されている。
- 請求項 2 9 に係る本発明は、請求項 1 ～ 2 8 のいずれかの項に記載の角度検出装置を半導体基板上に形成した半導体装置を、回転する永久磁石の近傍に設置し、該永久磁石の回転角度を検出する角度検出システムである。
- 20

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明を適用した角度検出装置の主要部分を示す回路図である。

- 25      図 2 は、実施の形態で用いる磁気収束板とホール素子との位置関係を示す説明図である。



図 3 は、図 1 に示した X Y 切り替え部 2 の動作を説明するための波形図である。

図 4 A は、図 1 に示した変調・駆動部 4 の動作を示す説明図である。

図 4 B は、図 1 に示した変調・駆動部 4 の動作を示す説明図である。

- 5 図 5 は、図 1 に示した変調・駆動部 4 を介して、X 検出信号を得るためのホール素子と、Y 検出信号を得るためのホール素子を如何にドライブするかについて、模式的に描いた説明図である。

図 6 は、ホール素子の検出信号に重畳されているオフセット電圧を模式的に示す図である。

- 10 図 7 は、P-P（ピーク-ピーク）検出後のサンプル/ホールド信号を示す説明図である。

図 8 は、8 個のホール素子を用いた場合における  $\tan \theta$  検出原理を示す説明図である。

- 15 図 9 は、ホール素子を用いた本実施の形態における検出角度の範囲拡張処理について説明した図である。

図 10 は、電源投入後において角度領域判定を行う場合に、帰還制御解除を行う場合のスイッチ SW を示す図である。

図 11 は、図 1 に示した後段処理回路 14 に含まれる角度演算処理回路の一例を示すブロック図である。

- 20 図 12 は、 $0 \sim 45^\circ$  の角度範囲におけるタンジェントの出力カーブを示す図である。

図 13 A は、本実施の形態における一次変換処理の説明図である。

図 13 B は、本実施の形態における一次変換処理の説明図である。

- 25 図 14 は、本実施の形態において、帰還制御が遅れることに起因して、レギュレートされるべき電圧が一定電圧にならない場合の状態を示す説明図である。

図15Aは、レギュレートされるべき電圧が一定電圧にならない状態を回避するための、その他の実施の形態を示す回路図である。

図15Bは、レギュレートされるべき電圧が一定電圧にならない状態を回避するための、その他の実施の形態を示す回路図である。

- 5 図16Aは、本発明を適用した角度検出部におけるコアの一例を示す斜視図である。

図16Bは、本発明を適用した角度検出部におけるコアの一例を示す断面図である。

10 発明を実施するための最良の形態

図1は、本発明を適用した角度検出装置の主要部分を示した回路図である。本図において、HEはホール素子であり、磁気センサとして用いる。磁場のX方向成分およびY方向成分を検出するため、少なくとも2対のホール素子が必要である。本実施の形態では、X方向成分を検出するために4個、Y方向成分  
15 を検出するために4個のホール素子を備えている。

これらのホール素子HEは、図2に示すように、円形の磁気収束板MCの周辺端下部に配置してある。なお、磁気収束板MCによって、米国特許第5,942,895号にも記載されているように、ホール素子近傍の磁界は収束され、ホール素子の感磁面の磁束密度を大きくすることができる。

- 20 本発明に係る「制御手段」は、図1に示した演算増幅器（オペアンプ）22, PIレギュレータ24, 2つの抵抗R1, および基準電圧Vrefに相当する（これらの要素については、後に詳述する）。また、本発明に係る「駆動手段」は、図1に示した変調・駆動部4ならびにオペアンプ22に相当する（この変調・駆動部4についても、後に詳述する）。

- 25 再び図1に戻り、ホール素子の出力切り替え処理について説明する。

8個のホール素子HEからそれぞれ検出された検出信号は、XY切り替え部

2において、時分割的に順次選択される。すなわち、このXY切り替え部2では、各対のホール素子からの出力信号を、交互に切り替えながらサンプルしていく。一般的には、検出信号Xおよび検出信号Yについてそれぞれアンプおよび復調回路（P-P検出部）を装備すればよいことになるが、これではチップ面積の増大を招いてしまう。そこで、本実施の形態では、検出信号X、Yを交互にサンプルし、これらの検出信号X、Yに共通なアンプおよび復調回路（P-P検出部）を用いる構成を採っている。

具体的には、検出信号Xを得るためのホール素子と、検出信号Yを得るためのホール素子とを交互に切り替えてドライブする。そこでXY切り替え部2では、図3に示すように、第1相用のクロックおよび第2相用のクロックを用いて、ホール素子の選択を行っている。例えば、XY切り替え部2は、スイッチドキャパシタ回路により構成され、第1相用のクロックおよび第2相用のクロックを、そのサンプリングクロックとして用いる。これら2相のクロックを用いる理由は、ホール素子の検出信号に重畳されているオフセットDC成分を相殺するためである。その詳細については、次段の変調・駆動部4に関連して説明する。

変調・駆動部4では、検出信号Xおよび検出信号Yを得るためのバイアス方向切り替え処理、および、信号（ホール電圧）の取り出し方向を切り替えるための処理を行う。この処理は、いわゆるチョッパ方式、あるいはスピニングカレントメソッドとして一般に知られている手法である。図4Aおよび図4Bは、このスピニングカレントメソッドを用いて、ホール素子を2相駆動する態様を説明している。スピニングカレントメソッドでは、これら図4Aおよび図4Bに示すように、ホール素子HEのバイアス方向を切り替えることにより、ホール素子の出力信号に含まれているオフセット成分をキャンセルするものである。

なお、ここで注意すべき点は、図3に示した第1相と第2相において、後段の4入力加算型アンプ6（DDA：Differential Difference Amplifier）に入力

する信号の極性を反転していることである。この符号反転処理により、DDA 6側から見たホール素子HEの検出信号は、図4Bの如く、AC的に切り替わる矩形波となる。つまり、DC成分として入力されたホール電圧は、この符号反転処理によりAC信号へと変調（すなわち、変換）される。この信号処理は、

5 検出信号Xおよび検出信号Yの両方について、全く同じように行われる。

図5は、変調・駆動部4を介して、X検出信号を得るためのホール素子と、Y検出信号を得るためのホール素子を如何にドライブするかについて、模式的に描いた説明図である。本図から明らかなように、演算増幅器（以下、OPアンプという）の加算入力点（反転入力端）には、基準電圧  $V_{ref}$  とX成分（または、Y成分）が印加されていることから、 $V_{ref} + X$ （または  $V_{ref} + Y$ ）が

10 仮想接地点（非反転入力端）の電位（アナロググランド）と等しくなるように動作する。また、図1から明らかなように、このX成分（または、Y成分）は帰還された電圧であるので、X成分（または、Y成分）は一定値となるように帰還制御されることになる。さらに、本実施の形態では、帰還制御されている

15 一方の成分（X成分、または、Y成分）を得るためのホール素子ドライブ電圧が、帰還制御されていない他方の成分（Y成分、または、X成分）を得るためのホール素子（Y成分検出用ホール素子、または、X成分検出用ホール素子）に印加されている。この点は、本実施の形態にとって非常に重要な点であるが、その意義については後に詳述する。

20 再び、図1に戻り、DDA（Differential Difference Amplifier）6について説明する。このDDA 6は、入力電圧の加算をとり、増幅する機能を果たす。本実施の形態では、既述の通り（図2参照）、X成分、Y成分用にそれぞれ4つのホール素子があるので、それら4つの検出出力を加算して、既定の増幅率で増幅する。従って、DDA 6から出力される信号は、図4Bの下方に示した

25 第2相の入力終了時における波形を、 $4 \times$  [設定増幅率] で増幅した信号となる。このとき、各ホール素子の検出信号に重畳されているオフセット電圧成分

は、両方の相（すなわち第1相，第2相）について、同じ値を有することになる。図6は、このオフセット電圧を模式的に示したものであり、図中では、一点鎖線で描いてある。

P-P（ピークーピーク）検出部8は、上述した第1相信号のピーク値と、  
5 第2相信号のピーク値を検出し、それらピーク値間の値を求める回路である。  
すなわちP-P検出部8では、第1相における信号のピーク値と、第2相における信号のピーク値の減算をとることにより、AC信号に変調（変換）されているセンサ検出信号（＝変調・駆動部4の出力信号）を復調する。さらに詳述  
10 すると、第1相の信号は、P-P検出部8のキャパシタ（図示せず）に保持されており、第2相の信号入力と同時に減算される。ここで重要なことは、減算処理を実行することにより、同じ値を有するオフセット成分をキャンセルすることができることである。また、減算をすることで、振幅成分は2倍に増幅される。

P-P検出部8から出力された信号はサンプルアンドホールド（S/H）部  
15 10，12に取り込まれ、保持される。ここで、S/H部10は復調されたX成分を、S/H部12は復調されたY成分を保持する。図7に示す通り、サンプルアンドホールドされた信号は階段状となるので、後段処理回路14に含まれるフィルタ（図示せず）を用いて平滑処理することにより、破線で示すならかな波形が得られる。なお、P-P検出部8は、非反転信号および反転信号  
20 の両方を出力可能であるので、符号ビットによってS/H部10，12に取り込まれる信号の符号を切り替えることが可能である。

P-P検出部8から時系列的に出力されたX成分，Y成分は、別のS/H部  
16にも入力される。このS/H部16は、保持成分指定回路18からの制御出力に応じて、X成分，Y成分のいずれか一方の成分のみを保持する。すなわ  
25 ち、外部からX，Y指定入力部20に保持成分指定信号を入力することにより、保持成分指定回路18は、X成分およびY成分のいずれか一方を保持するため

の制御出力を供給する。

S/H部16から出力されたX成分（またはY成分）は、先に図5を参照して説明したように、抵抗R1を介してOPアンプ22の加算入力点（反転入力端）に印加される。その結果、帰還制御ループの機能により、X成分（または  
5 Y成分）が一定値になるよう制御される。なお、このOPアンプ22には、抵抗R2およびキャパシタCの直列接続からなる帰還回路（PIレギュレータ：Proportional Integral regulator）が含まれているが、その理由は、上記帰還制御ループにおける帰還制御がサンプルパルスに同期した離散系で行われているので、発信等の不都合を回避するために積分機能をもたせたものである。

10 いま、X成分が一定になるようX方向のホール素子を駆動した場合について、本実施の形態による角度検出原理を概説する。

一般に、X成分を検出するためのホール素子から出力される電圧 $V_x$ 、および、Y成分を検出するためのホール素子から出力される電圧 $V_y$ は、それぞれ、

$$V_x = k \cdot I_x \cdot B \cos \theta$$

15 
$$V_y = k \cdot I_y \cdot B \sin \theta$$

で表される。ここで、 $k$ は比例定数、 $I_x$ および $I_y$ は電流値、 $B$ は磁束密度、 $\theta$ は磁場とホール素子のなす角度である。

図5において説明した通り、Y成分を検出するためのホール素子HE(Y)にも同じドライブ電圧が供給されており、且つ、いずれのホール素子も同一シリ  
20 コン基板上に形成された微小素子であることを考えると、 $I_x = I_y$ とすることが可能である。

したがって、上記2つの式、すなわち  $V_x = k \cdot I_x \cdot B \cos \theta$ 、および、 $V_y = k \cdot I_y \cdot B \sin \theta$ より、

$$\begin{aligned} V_y / V_x &= (k \cdot I_y \cdot B \sin \theta) / (k \cdot I_x \cdot B \cos \theta) \\ 25 \quad &= \sin \theta / \cos \theta \\ &= \tan \theta \end{aligned}$$

となる。このアナログ除算 ( $V_y/V_x$ ) は、後段処理回路 14 において実行すればよい。

しかし、本実施の形態によれば、上述したような個別的な演算処理を施して  $\sin \theta$  および  $\cos \theta$  を求め、さらに、これら  $\sin \theta$  および  $\cos \theta$  に基づいて  $\tan \theta$  を求めるといった演算を行うことなく、S/H部 10 に保持されたX成分、または、S/H部 12 に保持されたY成分から直接的に  $\tan \theta$  を求めることが可能となる。

図8は、8個のホール素子(図2参照)を用いた場合にも、上述した  $\tan \theta$  検出原理が適用できることを示した図である。この図8は、例えば、感度を向上させるために、X成分用に4個、Y成分用に4個(合計8個)のホール素子を用いる場合を示している。本図中、ホール素子は、厳密にはX(またはY)軸上ではなく、少しずれた位置に配置されている。中心から、ホール素子の中心に向かって引いた直線は、軸に対して微小角  $d$  をもって配置されている。例えば、X成分用のホール素子について言えば、X軸対称に  $\pm d$  の角度をもって素子が配置されたとき、それぞれの素子は  $\cos(\theta+d)$ 、 $\cos(\theta-d)$  に比例した信号を出力する。これら4つの信号成分を、DDA 6を用いて加算すれば、X成分用ホール素子出力の合計は、

$$KIB \cdot [\cos(\theta+d) + \cos(\theta-d)]$$

となる。この出力を、レギュレータを用いて、一定電圧  $V_{REF}$  になるようレギュレートすれば、

$$V_{REF} = KIB \cdot [\cos(\theta+d) + \cos(\theta-d)]$$

$$= 2KIB \cos \theta \cos d$$

$$\therefore KIB = V_{REF} / (\cos \theta \cos d)$$

となる。一方、Y成分用のホール素子出力については、同様に、DDA 6を用いて加算することにより、

$$KIB \cdot [\sin(\theta+d) + \sin(\theta-d)]$$

$$\begin{aligned}
 &= 2KIB \sin \theta \cos d \\
 &= V_{REF} (\sin \theta \cos d) / (\cos \theta \cos d) \\
 &= V_{REF} \tan \theta
 \end{aligned}$$

となる。実質的に各ホール素子出力の和を一定に保ちつつ、他のホール素子の  
 5 出力を見れば、微小角成分  $d$  はキャンセルされるので、出力には影響しない。

なお、本実施の形態においては、P I レギュレータ 24 を例に挙げたが、P  
 I レギュレータに限定されるものでなく、他のレギュレータ（例えば、P I D  
 レギュレータ等）も使用可能である。

図 9 は、ホール素子による検出角度の範囲拡張処理について説明した図であ  
 10 る。すなわち図 9 は、検出角度範囲を  $360^\circ$  に拡張する方法を示している。  
 一定の電圧にレギュレートすべき信号を、X 成分信号から Y 成分信号、あるい  
 は Y 成分信号から X 成分信号に切り替えることにより、その出力は  $\tan \theta$  から  
 $\cot \theta$ 、あるいはその逆へと切り替えることが可能である。周知の通り、 $\tan$   
 $\theta$  は角度  $90^\circ$  に近づくにつれて大きくなるので、増幅回路系の出力に飽和が  
 15 生じてしまう。そこで、この問題を避けつつ、 $90^\circ$  に近い角度を検出するた  
 めには、 $\tan \theta$  の逆数である  $\cot \theta$  を用いることが簡便である。

次に、図 9 に示す角度検出範囲拡張方法を、時系列的に説明していく。

まず、角度範囲が  $0 \sim 45^\circ$  の範囲では、角度検出のための出力として  $\tan$   
 $\theta$  を用いる。検出角度が増加し、 $\theta = 45^\circ$  になったところで、角度検出のた  
 20 めの出力を  $\tan \theta$  から  $\cot \theta$  に切り替える。具体的には、レギュレートされ  
 る信号を X 成分から Y 成分へと切り替える。その後、角度が増して  $135^\circ$  に  
 なったところで、また、角度検出のための出力を  $\cot \theta$  から  $\tan \theta$  へと切り替  
 える。

しかし、ここで注意が必要な点は、符号の取り扱いである。符号を変えるこ  
 25 となく、X 成分を  $\cot \theta$  からレギュレートされるべき信号に切り替えると、そ  
 の成分が  $-V_{REF}$  から  $+V_{REF}$  へと大きく変化することに起因して、不安定な状



態を作り出してしまう。さらに加えて、状態が安定するまでに時間がかかってしまう（すなわち、長期のセトリング時間を要する）。こういった問題を避けるために、本実施の形態では、レギュレートすべき信号の符号を切り替えている。これによって、不安定な遷移状態を最小限にしつつ、安定した角度検出を  
5 可能にすることができる。同様な符号切り替え処理は、 $315^\circ$ の点においても行われる。

このように、ある判定条件を用いつつ  $\tan$ ,  $\cot$  符号を切り替え、これにより角度検出範囲を拡張するのが本実施の形態である。 $\tan$ ,  $\cot$  切り替えについては、例えばその絶対値の大小関係を判定する。また、上記符号の切り替えに  
10 関しては、基準電圧（アナロググランド AGND）との絶対値の大小判定を用いることができる。

図10は、電源投入後において角度領域判定を行う場合に、帰還制御解除を行うためのスイッチ SW を示した図である。本図に示す回路は、電源投入後における角度の位置情報を求めるための回路である。これまで説明してきた回路  
15 構成（図1～図9）は、PIレギュレータ24を用いて一方の出力成分を一定値に保持することと、角度領域を判定しつつ角度範囲を拡張することを特徴としているが、電源投入後は、その角度領域を判定することができないという不都合がある。そこで、この不都合を補うのが、図10の回路である。

図10において、電源投入後、ある一定の期間は、スイッチ SW が閉じた状態になるように本回路、およびそのコントロール回路を設計しておく。この場合、PIレギュレータ24は、単純なAGND（アナロググランド）を出力電圧とするボルテージフォロアとなる。従って、ホール素子はアナロググランド電圧AGNDでドライブされ、角度に対しては  $\sin$ ,  $\cos$  に対応した出力が得られる。この状態で、同様な角度領域判定（絶対値比較、符号判定）を行い、電  
20 源投入後の位置を判定し、その位置情報に基づく符号、モード（ $\tan$ ,  $\cot$ ）を  
25 決定し、フリップフロップなどの2進記憶装置にロードする。その後、スイッ

チSWをオープンし、この位置情報を用いながら、通常のPIレギュレータモードに移行する。

図11は、後段処理回路14（図1参照）に含まれる角度演算処理回路の一例を示したブロック図である。すなわち図11は、図1の回路により得られたX成分およびY成分から、磁場の角度に応じた電圧出力を得るための回路である。具体的には、図1に示した回路によって得られた角度検出結果は $\tan \theta$ （または、 $\cot \theta$ ）を表しているので、図11の回路は、実質的にはアークタンジェントを得るための演算を行う。

図11に示した回路の動作は、次の通りである。

図1に示した回路から得られた $\tan$ 成分信号は、S/H（サンプル/ホールド）部50によって標本化・保持され、比較回路52の入力信号となる。その後続くANDゲート54は、比較回路52の出力信号がHi（VDD：電源電圧）のとき、クロックCLKの値をそのまま出力し、Low（GND）のときには“0”を出力する。従って、比較回路52の出力信号がLowのときには、カウンタ56の計数クロックCLKは“0”となり、カウンタ56はカウントをストップする。比較回路52のもう一方の入力端には、カウンタ56の計数出力値をタンジェントロジック58に入力し更にD/Aコンバータ60を介することにより得たアナログ電圧が入力される。タンジェントロジック58の役割は、カウンタ46のデジタル出力を入力して、 $\tan \theta$ に対応するデジタル値を発生させる回路である。これは特に論理回路に限らず、不揮発性メモリ（EEPROM, FRAM, MRAM）を用いたテーブル参照方式で行っても構わない。

カウンタ56、タンジェントロジック58、D/Aコンバータ60のフィードバックは、比較回路52の両入力の大小関係が反転するまで繰り返され、大小関係が一致、あるいは反転した時点でカウンタ56へのクロック入力CLKはストップし、カウンタ56はカウントをストップする。すなわち、カウンタ

56のデジタル出力値は角度 $\theta$ を表し、D/Aコンバータ60からの出力は $\tan \theta$ を表すことになる。図1の回路から供給され、S/H回路50で保持された $\tan$ 値と一致した値、あるいは最も近い値となったときのカウンタ56のデジタル出力値は、角度 $\theta$ そのものを表している。そこで、このデジタル出力値をシフトレジスタ62にロードし、D/Aコンバータ64にてアナログ値に変換することにより、角度 $\theta$ に対応したアナログ電圧を得ることができる。

また、別の実施の形態として、D/Aコンバータ64を用いずに、デジタル出力値をシリアルインターフェースによって出力してもよい。シリアルインターフェースは、SPI、マイクロワイヤ、I2Cバス等が挙げられる。

10     ただし、図9に示した角度判定の性質上、この変換だけでは、得られる角度情報は不十分である。例えば、 $22.5^\circ$ と $157.5^\circ$ は、同じアナログ出力電圧になってしまうからである。この問題を避けるには、角度領域に応じて、オフセット電圧を加算することが必要になってくる。より具体的に述べると、例えば、第1象限ではオフセット電圧は0V、第3象限ではオフセット電圧は

15      $2.5\text{ V}$ といったように、象限ごとにオフセット電圧を変化させて加算すれば、完全な角度判定が可能になる。象限の判定は、例えば、 $0 \sim 360^\circ$ の角度領域を $45^\circ$ おきの8つの領域に分割し、それぞれの領域における、Xの符号、X、Yの符号の排他的論理和（一致、不一致の判定）、絶対値の大小（ $\tan$  または $\cot$ ）を判定することで一義に決めることができる。

20     図11のようにD/Aコンバータ64から出力された角度 $\theta$ に対応したアナログ電圧に、オフセット指定部66から出力されたオフセット電圧を加算すれば、完全な角度出力が得られる。オフセット指定部66は、例えばD/Aコンバータによって構成される。また、D/Aコンバータ64のビット数を拡張し、角度領域判定部72からのデジタル出力をD/Aコンバータ64に入力・加算

25     すれば、D/Aコンバータ64の出力は完全な角度出力が得られることになり、オフセット指定部66および加算器68はなくてもよいことになる。

図12は、角度範囲 $0 \sim 45^\circ$ の範囲におけるタンジェントの出力カーブを示している。このタンジェントカーブを、図12に示すように3つの領域に分割し、直線で近似すると、非常に高精度な近似ができることを見出した。直線的に近似されたタンジェントカーブは、3つの直線方程式で記述される。この  
5 場合、図13Aから図13Bへの変換は、アークタンジェントのような非線形な関数変換ではなく、直線から直線への一次変換で実現できる。

例えば、タンジェント近似直線で、Area 2の直線の方程式が、タンジェント  
 $= A \cdot \theta + B$ 、角度電圧直線の方程式が $C \cdot \theta + D$ とすれば、タンジェント出力の傾きAと、切片（オフセット）Bをアナログ的に調節し、C、Dに合わせ  
10 込めば、アークタンジェント変換を行ったことと等価になる。

さらに具体的には、AからCへの傾きの変換は、負帰還増幅回路の増幅率を可変にすることで実現可能である。これは、不揮発性メモリを用いたプログラマブル増幅回路でも実現可能である他、外付け抵抗によるトリミングでも可能である。また、BからDへの切片の合わせ込みは、抵抗ラダーを用いた可変型  
15 ポテンショメータを用いることができる。

また、タンジェントの直線近似における領域（Area）の判定には、参照電圧の発生回路を、比較回路とともに使用するのが有効である。具体的に述べると、図13Aにおいて、参照電圧V1、V2を発生させる回路を設け、これら参照電圧とタンジェント出力を比較する。例えば、2つの比較回路を用いることに  
20 より、以下のようなコードを発生させることができる。

タンジェント出力 $\leq V1$

Code (0:0)

（比較回路1の出力：比較回路2の出力）

$V1 \leq \text{タンジェント出力} \leq V2$

Code(0:1)

タンジェント出力 $\geq V2$

Code(1:1)

25 上記のコードによって領域を一義に定義することができる。

角度領域の拡張には、図9で述べたの方法を用いることが可能である。コタ

ンジェントの領域では、同様に  $45^\circ$  の範囲を 3 つの Area に分割し、一次変換を行う。この際、直線の傾きは負であるから反転増幅回路を用い、直線の傾きを反転させる。切片の合わせ込みに関しては、可変ポテンショメータで実現できる。この直線に、角度領域に相応のオフセット電圧を加算すれば、 $36$

- 5  $0^\circ$  への角度範囲の拡張が原理的には可能である。しかし、回路規模の縮小化、補正アルゴリズムの簡素化という観点から見ると、この方法は、角度範囲が小さい用途（例えば  $0 \sim 90^\circ$ ）に対してより一層好適である。

図 14 は、帰還制御が遅れることに起因して、レギュレートされるべき電圧が一定電圧にならない場合の状態を示す説明図である。すなわち、レギュレートされるべき電圧が一定レベルにならない（フィードバックスピードが追いつかない）場合には、その電圧変動分だけ、タンジェントのゲインが変化してしまうことが起こり得る。そこで、こういった状態による不都合を解消するため、図 15 A および図 15 B を参照しながら、他の実施の形態を説明する。

図 15 A および図 15 B は、レギュレートされるべき電圧が一定電圧にならない状態を回避するための、その他の実施の形態を示す回路図である。これら両図に示す回路は、先に説明した図 11 の回路をより具体的に記載すると同時に、以下に述べる改良を加えたものである。

図 15 A において、アナログフロントエンドからは、 $|X|$  あるいは  $|Y|$  信号の絶対値信号が入力される。切り替え部 1 は、サンプルアンドホールド回路 80 に入力される信号を  $|X|$  あるいは  $|Y|$  へ切り替える働きをする。サンプルアンドホールド回路 80 の出力は、コンパレータ 82 の一方の入力端に入力される。コンパレータ 82 の出力信号は、2 入力型の AND 回路 84 に入力される。AND 回路 84 の他方の入力信号はクロックであり、コンパレータ 82 の出力信号が LOW レベルに切り替わるまで、クロック信号を出力する働きをする。

8 ビットカウンタ 86 は、AND 回路 84 から出力されたクロックを計数す

る。8ビットカウンタ86の出力（8ビットデジタル信号）はロジック回路88に入力される。ロジック回路88は、8ビットカウンタ86の出力データを入力し、その入力に対して $\tan$ 関数の重みをつけたデジタル出力を生成するロジック回路である。すなわち、カウンタ出力を $\theta$ とすると、ロジック回路88からの出力は $\tan \theta$ となる。

このデジタルデータ $\tan \theta$ は、抵抗ラダー式のD/Aコンバータ90に入力され、コンパレータ82の他方の入力端にフィードバックされる。コンパレータ82は、サンプルアンドホールド回路80に入力される $|X|$ あるいは $|Y|$ の絶対値（タンジェントあるいはコタンジェント）と、フィードバックされて帰ってきた $\tan \theta$ とを比較し、その大小関係が反転したときにコンパレータ出力をHIGHからLOWに切り替え、8ビットカウンタ86のクロック計数を停止させる。

すなわち、サンプルアンドホールド回路80に入力された $|X|$ あるいは $|Y|$ 信号に一番近い電圧値をもって、8ビットカウンタ86の計数クロックを停止する。従って、ロジック回路88でタンジェントの重みをつける前のデジタル値、すなわち角度 $\theta$ のデジタル値そのものが8ビットカウンタ86の出力となる。この角度 $\theta$ を表すデジタル値は、適切なデータロード信号をもってラッチ回路92に移され、その後段のD/Aコンバータ94（図15B参照）へ入力される。

また、切り替え部2は、D/Aコンバータ90の参照電圧を $|X|$ あるいは $|Y|$ 信号に切り替える役割をする。切り替え部1、切り替え部2の切り替え制御信号による切り替えは次のように行われる。

すなわち、アナログフロントエンドでは、 $|X|$ あるいは $|Y|$ の一方を一定電圧にレギュレートし、他の一方からタンジェントあるいはコタンジェントを得ている。サンプルアンドホールド回路80には、タンジェントあるいはコタンジェント信号を入力し、D/Aコンバータ90の参照電圧には、レギュ

レートされている方の電圧を入力するように信号を選択する。例えば、 $|X|$ がレギュレートされているときには $|Y|$ から $\tan \theta$ を得ることになるが、このときは、サンプルアンドホールド回路80に $|Y|$ を入力し、D/Aコンバータ参照電圧としては $|X|$ を入力する。

- 5 次に、このようにD/Aコンバータ90の参照電圧として、レギュレートされている信号を用いる場合の効果について説明する。アナログフロントエンドでは、既に図1において説明したようにPIレギュレータを用いて離散系のフィードバックループを制御するが、磁場が高速に回転する場合、PIレギュレータの積分時間に起因する遅れの影響が顕著に現れるようになる。具体的には図14に示したように、本来一定値にレギュレートされるはずの信号が一定
- 10 は図14に示したように、本来一定値にレギュレートされるはずの信号が一定レベルに保持できず、電圧が降下するという現象が発生する。この電圧の降下の大きさは回転速度に依存しており、この状態では高精度な角度検出は不可能となる。この点に関して、さらに詳しく数式を用いて以下に説明する。

- いま、レギュレートされるべき電圧が、一定に保たれず、時間に対して変化
- 15 する場合、この参照電圧を $V_{REF}(t)$ とする。このとき、 $|X|$ 信号をレギュレートする場合、次の関係式が成り立つ。

$$V_{REF}(t) = K \cdot I \cdot B \cdot \cos \theta$$

$$|Y| = K \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$$

これらの関係から、

20  $|Y| = V_{REF}(t) \cdot \tan \theta$

を得る。

- すなわち、 $|Y|$ から得られる $\tan \theta$ は、時間によって変化するゲインファクタを有することになり、この値を直接角度変換すると、時間によって変化する角度エラーを発生させることになる。この問題を回避するために、本実施
- 25 施の形態では、D/Aコンバータ90の参照電圧として $V_{REF}(t)$ を用いる。このような構成を採ることにより、D/Aコンバータ90からフィードバック

されてコンパレータ 82 に入力されるアナログ信号  $\tan \theta$  は、 $V_{REF}(t)$  の重みを持つことになり、コンパレータ 82 の大小関係が反転する点、すなわち角度に対応するデジタル値には、 $V_{REF}(t)$  による影響は及ばなくなる。

5     なお、上述したように、アナログフロントエンドからは、 $|X|$  あるいは  $|Y|$  の絶対値信号が入力されるが、絶対値でない  $X$  あるいは  $Y$  の信号をそのまま入力することも可能である。

10     このように、高速回転によってレベルが変動した電圧を D/A コンバータ 90 の参照電圧として用いることにより、自動的にゲインファクタがキャンセルされるので、磁場が高速回転する時においても、高精度の角度検出が可能となる。

15     図 16 A および図 16 B は、本発明を適用した角度検出部におけるコアの一例である。本図では、Si 基板上に、信号処理回路とともに形成されたホール素子上に、円形の磁性体材料からなるディスク（磁気収束板）を貼り付ける。ここで、図 16 A は、このコアの様子と、このコアの好適な磁石の形状を示している。また図 16 B は、その時の磁力線の分布を模式的に示している。右から入力された横方向の磁力線は、磁気収束板によって収束され、増幅されると同時に、垂直方向の磁場に変換される。この磁場の方向は、S 側のホール素子と N 側のホール素子で逆の方向となる。DDA に入力信号を供給する際は、極性を逆にするよう注意を要する。一例では、200 ミクロンφ の磁気収束板で、  
20     約 2 倍の増幅率を得ることが可能である。

25     以上説明した通り、本発明によれば、簡易な回路構成にも拘わらず、正確な角度検出を可能とした角度検出装置および半導体装置を実現することができる。特に、磁場が高速で回転する場合においても、従来の装置では予期し得なかった、正確な角度検出を行うことができる。さらに、周囲温度の上昇に伴う磁場変動に対しても、本発明によれば、正確な角度検出を可能とした角度検出装置および半導体装置を実現することができる。



## 請求の範囲

1. 少なくとも2方向の磁気成分を検出する第1および第2の磁気センサ部からの出力信号を入力し、前記磁気成分から磁場との相対角度を検出する角度  
5 検出装置であって、  
前記第1の磁気センサ部により検出された第1の方向成分の出力信号が一定値を有するように制御する制御手段と、  
前記第1の磁気センサ部が前記制御手段により制御されるときと同じ駆動条件により、前記第2の磁気センサ部を駆動して第2の方向成分の出力信号を検  
10 出する駆動手段と、  
を具備したことを特徴とする角度検出装置。
2. 少なくとも2方向の磁気成分を検出する第1および第2の磁気センサ部を備え、前記磁気成分から磁場との相対角度を検出する角度検出装置であって、  
前記第1の磁気センサ部により検出された第1の方向成分の出力信号が一定  
15 値を有するように制御する制御手段と、  
前記第1の磁気センサ部が前記制御手段により制御されるときと同じ駆動条件により、前記第2の磁気センサ部を駆動して第2の方向成分の出力信号を検  
出する駆動手段と、  
を具備したことを特徴とする角度検出装置。
- 20 3. 請求項1または2に記載の角度検出装置において、  
前記第1の磁気センサ部と前記第2の磁気センサ部は、それぞれ、対向する一対の磁気センサを備えており、これら一対の磁気センサは互いに直交する直線上に配置されていることを特徴とする角度検出装置。
4. 請求項1～3のいずれかの項に記載の角度検出装置において、  
25 前記第1の磁気センサ部および前記第2の磁気センサ部は、磁気収束板の端部に近接して配置されていることを特徴とする角度検出装置。

5. 請求項 1 ～ 4 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

前記制御手段は、前記第 1 の方向成分の出力信号が前記一定値を有するように制御するための帰還制御ループを備えていることを特徴とする角度検出装置。

6. 請求項 5 に記載の角度検出装置において、

5 前記制御手段は、前記帰還制御ループを切断させる帰還停止手段を備えていることを特徴とする角度検出装置。

7. 請求項 5 または 6 に記載の角度検出装置において、

前記帰還制御ループは演算増幅器を備え、該演算増幅器の反転入力端には、前記第 1 の方向成分の出力信号または前記第 2 の方向成分の出力信号のいずれ  
10 か一方が抵抗を介して入力され、且つ、該演算増幅器の反転入力端には、基準入力電圧が抵抗を介して入力されていることを特徴とする角度検出装置。

8. 請求項 7 に記載の角度検出装置において、

前記演算増幅器の反転入力端に入力される、前記第 1 の方向成分の出力信号または前記第 2 の方向成分の出力信号は、指定入力部から供給される指定に基づいて決定されることを特徴とする角度検出装置。  
15

9. 請求項 7 または 8 に記載の角度検出装置において、

前記演算増幅器の出力端と反転入力端との間には P I レギュレータが接続されていることを特徴とする角度検出装置。

10. 請求項 6 ～ 9 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

20 前記帰還停止手段は、前記第 1 および第 2 の磁気センサ部を既定の固定電圧で駆動することを特徴とする角度検出装置。

11. 請求項 7 ～ 10 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

前記帰還停止手段は、前記演算増幅器をボルテージフォロアとして作動させることを特徴とする角度検出装置。

25 12. 請求項 7 ～ 11 のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

前記第 1 および第 2 の磁気センサ部は、前記演算増幅器の出力端から得られ

る電圧に基づいて駆動されることを特徴とする角度検出装置。

13. 請求項1～12のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

前記第1および第2の磁気センサ部は、スピニングカレントメソッドに従って駆動されることを特徴とする角度検出装置。

5 14. 請求項6～13のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、

当該角度検出装置の電源を投入した直後には、前記帰還停止手段により前記帰還制御ループの機能を停止させた状態を保持しつつ、少なくとも2方向の磁気成分を検出する前記第1および第2の磁気センサ部からの検出出力に基づい

10 て角度領域の判定を行う領域判定手段、

を有することを特徴とする角度検出装置。

15. 請求項14に記載の角度検出装置において、

前記領域判定手段は、角度領域の判定を行うに際して、前記第1および第2の磁気センサ部から得られた前記第1および第2の方向成分の出力信号の絶対

15 値と符号の正負とを用いることを特徴とする角度検出装置。

16. 請求項1～15のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、

前記第1および第2の磁気センサ部からの出力に基づいてそれぞれ検出された前記第1および第2の方向成分の出力信号の符号を、磁場との相対角度に応

20 じて、反転させる符号反転手段と、

前記一定値を有するように制御すべき前記第1の方向成分の出力信号を、前記第2の方向成分の出力信号に切り替える成分切替手段とを備え、  
角度の検出可能範囲を拡張することを特徴とする角度検出装置。

17. 請求項16に記載の角度検出装置において、

25 前記成分切替手段は、前記第2の方向成分の出力信号に切り替えた後、再び前記第1の方向成分に切り替えることを特徴とする角度検出装置。

18. 請求項1～17のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、

前記第1の磁気センサ部により検出された前記第1の方向成分の出力信号または前記第2の磁気センサ部により検出された前記第2の方向成分の出力信号

5 に応答して、所定クロックの計数動作を行う計数手段と、

前記計数手段の計数値を、予め定めた変換値に変換する第1の変換手段と、

前記第1または第2の方向成分の出力信号の値と前記変換値とを比較して、前記変換値が前記第1または第2の方向成分の出力信号の値に達したとき、前記計数手段による計数動作を停止させる計数停止手段と、

10 前記計数値を角度情報に変換する第2の変換手段と、

を有することを特徴とする角度検出装置。

19. 請求項18に記載の角度検出装置において、

前記計数値は検出角度 $\theta$ に対応し、前記変換値は $\tan \theta$ に対応していることを特徴とする角度検出装置。

15 20. 請求項18または19に記載の角度検出装置において、

前記第1の変換手段は、検出角度 $\theta$ を $\tan \theta$ に変換するロジック回路を有することを特徴とする角度検出装置。

21. 請求項18～20のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

20 前記計数停止手段は、前記第1の磁気センサまたは第2の磁気センサ部からの出力に基づいて検出されたタンジェント値を入力する第1入力端と、前記第1の変換手段からの出力に対応したタンジェント値を入力する第2入力端と、を有する比較器であることを特徴とする角度検出手段。

22. 請求項18～21のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

25 前記第1の変換手段の出力端と、前記計数停止手段の入力端は、D/Aコンバータを介して接続されていることを特徴とする角度検出手段。

23. 請求項22に記載の角度検出装置において、

前記D/Aコンバータの参照電圧として、前記第1および第2の磁気センサ部からの出力に基づいて検出された前記第1および第2の出力信号のうち、前記一定値を有するように制御した方向成分の出力信号を用いることを特徴とする角度検出装置。

- 5    24.    請求項18～23のいずれかの項に記載の角度検出装置において、  
前記第2の変換手段は、前記角度情報を得るための所定の補間処理を行うことを特徴とする角度検出装置。

25.    請求項18～24のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、

- 10    前記第1の磁気センサ部または前記第2の磁気センサ部からの出力に基づいて検出された前記第1および第2の方向成分の出力信号を入力し、前記第2の変換手段から出力された角度情報に対してオフセット角度値の加算処理を行うオフセット補正手段、  
を有することを特徴とする角度検出装置。

- 15    26.    請求項1～25のいずれかの項に記載の角度検出装置において、さらに加えて、

角度に依存する信号を角度に対して直線的に変化する複数の角度領域に分割し、その領域を判定する判定手段を備え、

- 20    角度の抽出を、近似直線の傾きの調節と、オフセット加算による一次変換とにより行うことを特徴とする角度検出装置。

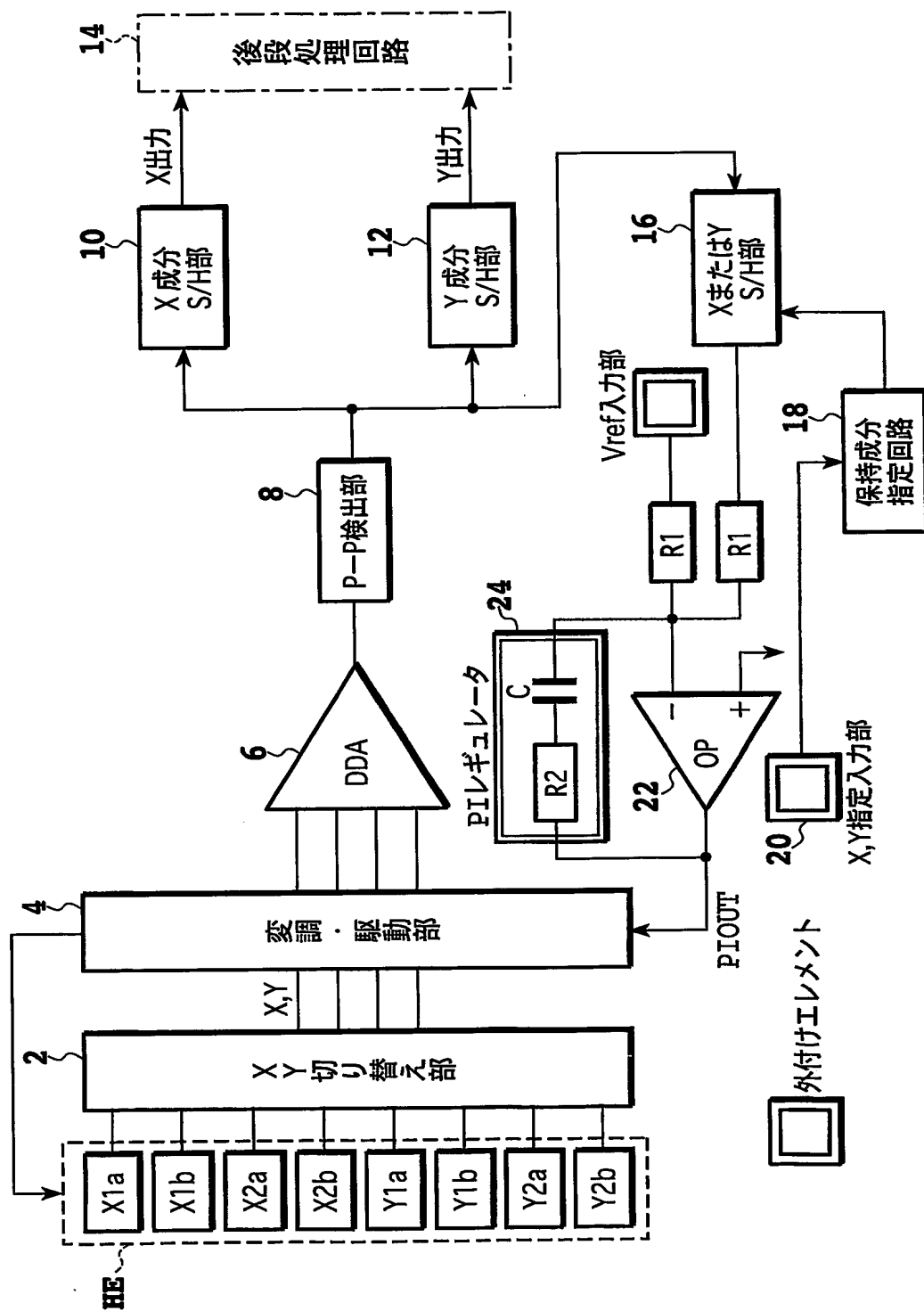
27.    請求項1～26のいずれかの項に記載の角度検出装置において、

前記第1および第2の磁気センサ部は、ホール素子を有することを特徴とする角度検出装置。

28.    請求項22に記載の角度検出装置において、

- 25    前記ホール素子は、磁気収束板の端部に近接して配置されていることを特徴とする角度検出装置。

29. 請求項1～28のいずれかの項に記載の角度検出装置を半導体基板上に形成した半導体装置を、回転する永久磁石の近傍に設置し、該永久磁石の回転角度を検出することを特徴とする角度検出システム。



**FIG.1**

2/17

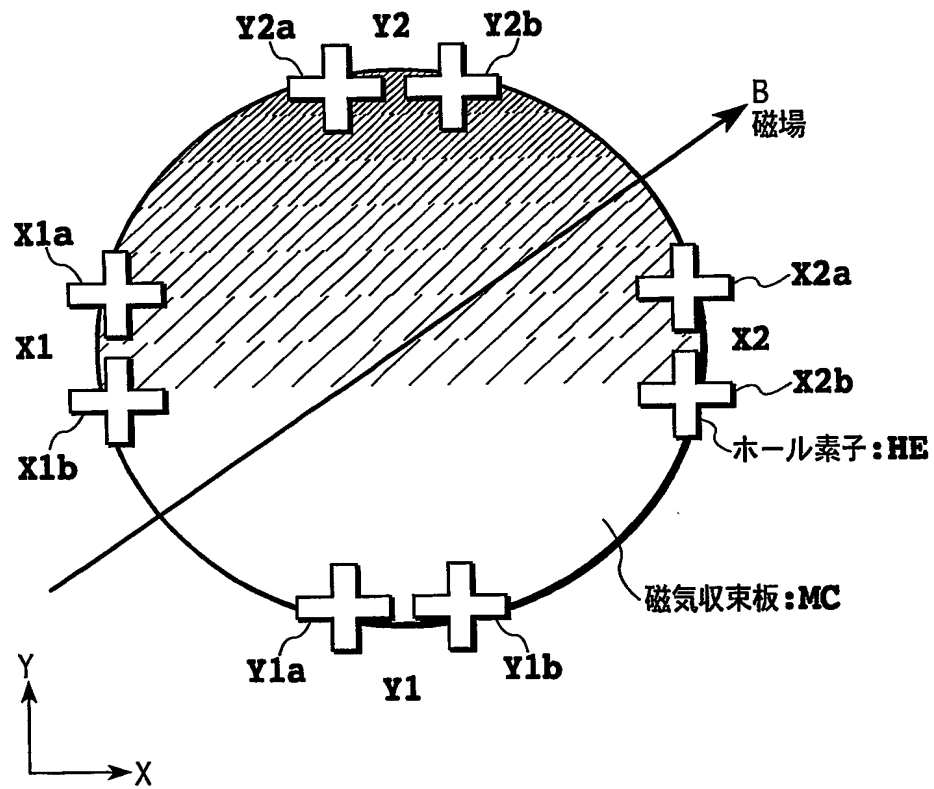
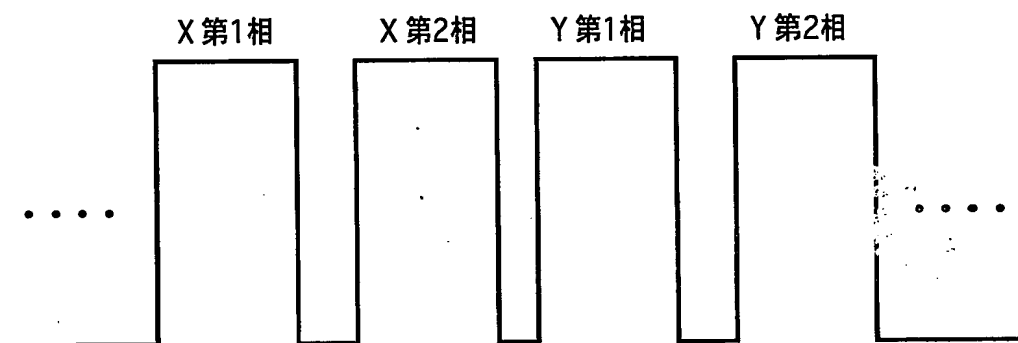


FIG.2



3/17

XY切り替え部 2



**FIG.3**

4/17

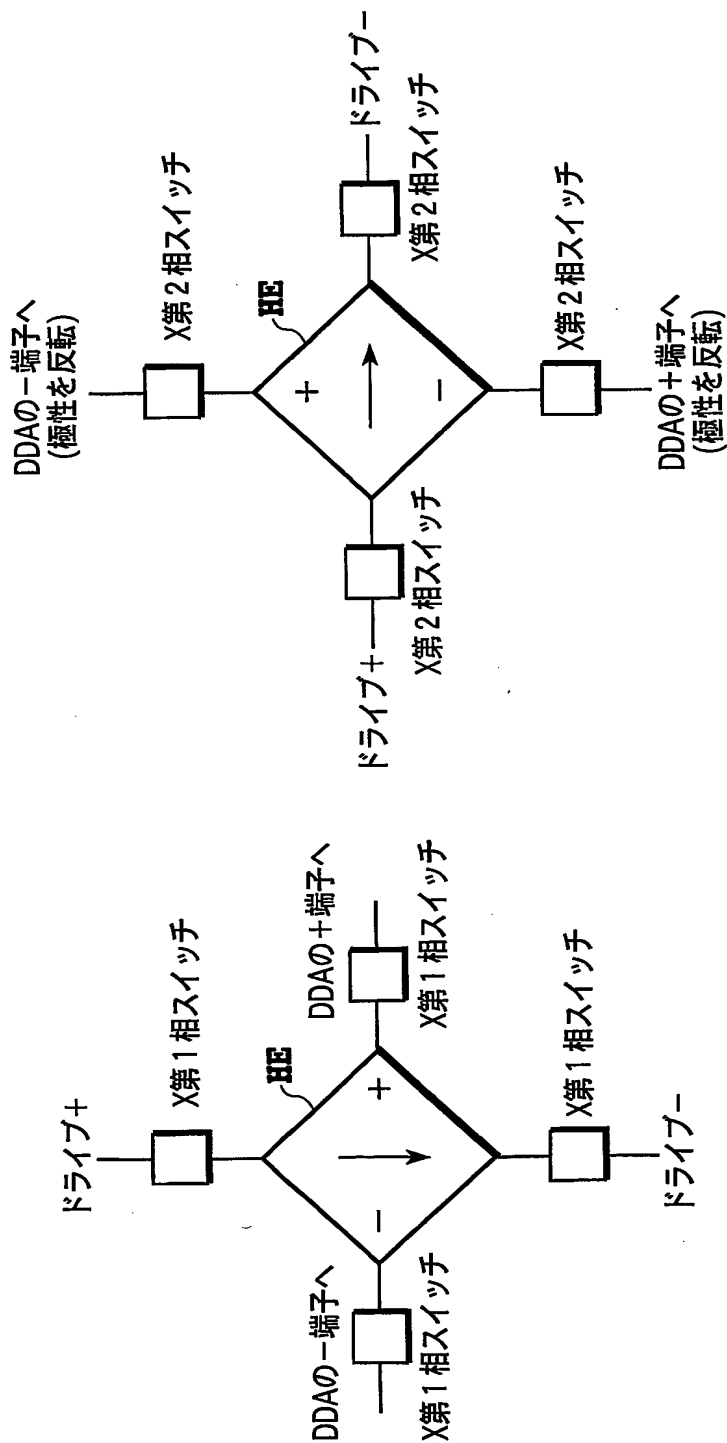


FIG.4A

FIG.4B

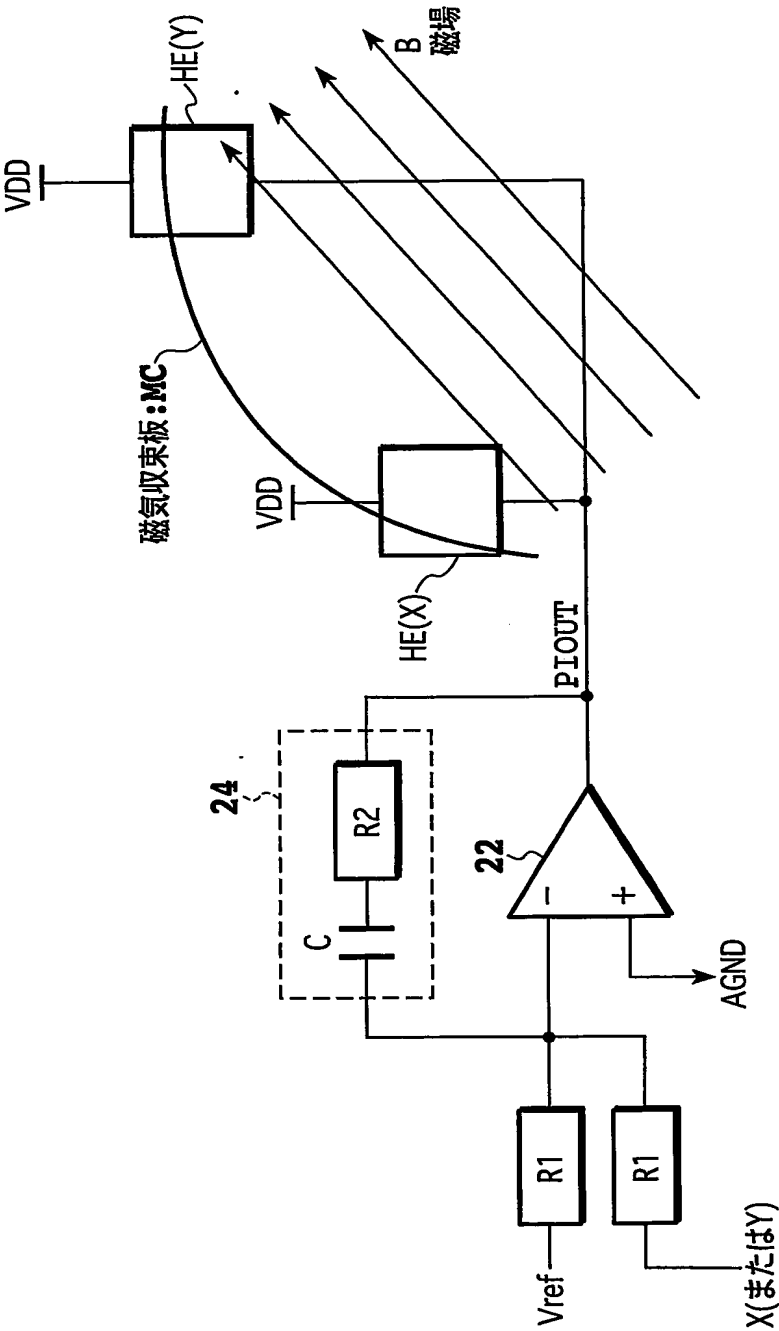


FIG.5

6/17



FIG.6

7/17

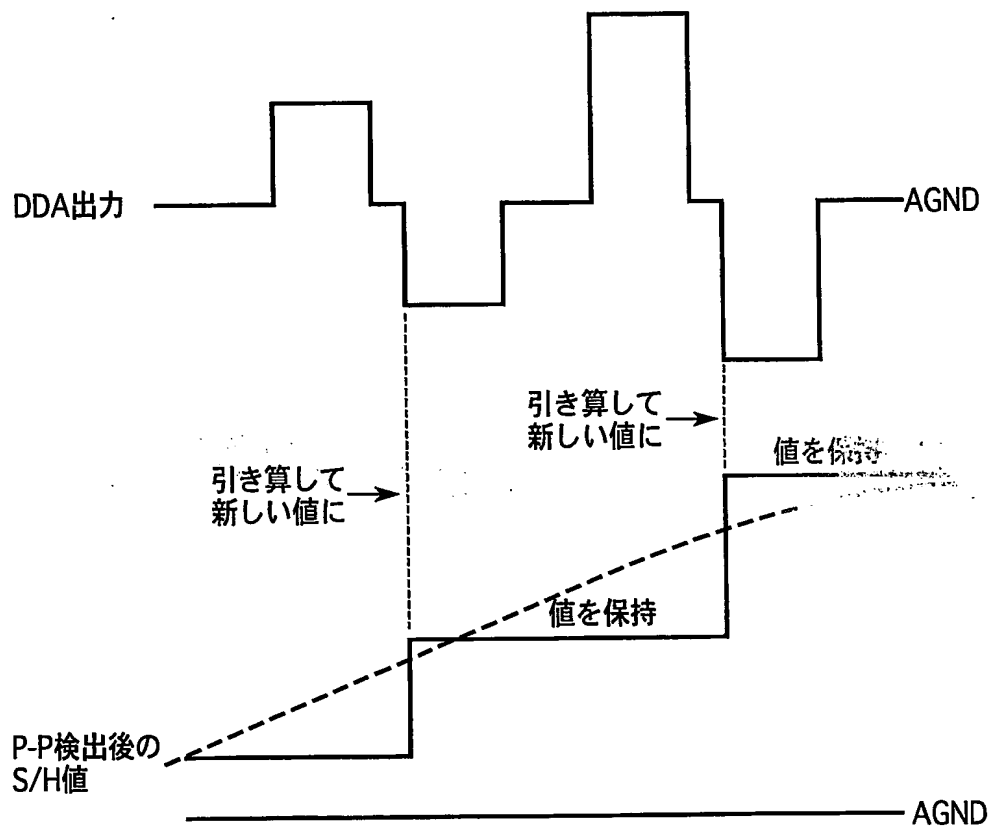
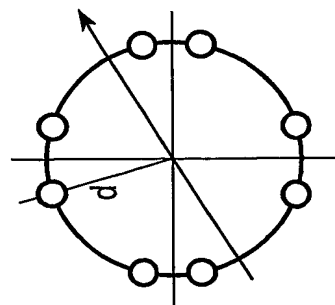


FIG.7

8/17

## タンジェント値の検出原理



There are two component (a+d) and (a-d)  
If  $Y(a+d) + Y(a-d)$  is controlled to be constant,

For Y component

$$V_{ref} = K I B [\cos(a+d) + \cos(a-d)]$$

$$V_{ref} = 2K I B \cos(a) \cos(d)$$

$$I B = V_{ref} / [2 \cos(a) \cos(d)]$$

For X component

$$\text{Out} = X(a+d) + X(a-d) = K I B [\sin(a+d) + \sin(a-d)]$$

$$= 2K I B \sin(a) \cos(d)$$

$$= V_{ref} \tan(a)$$

FIG.8

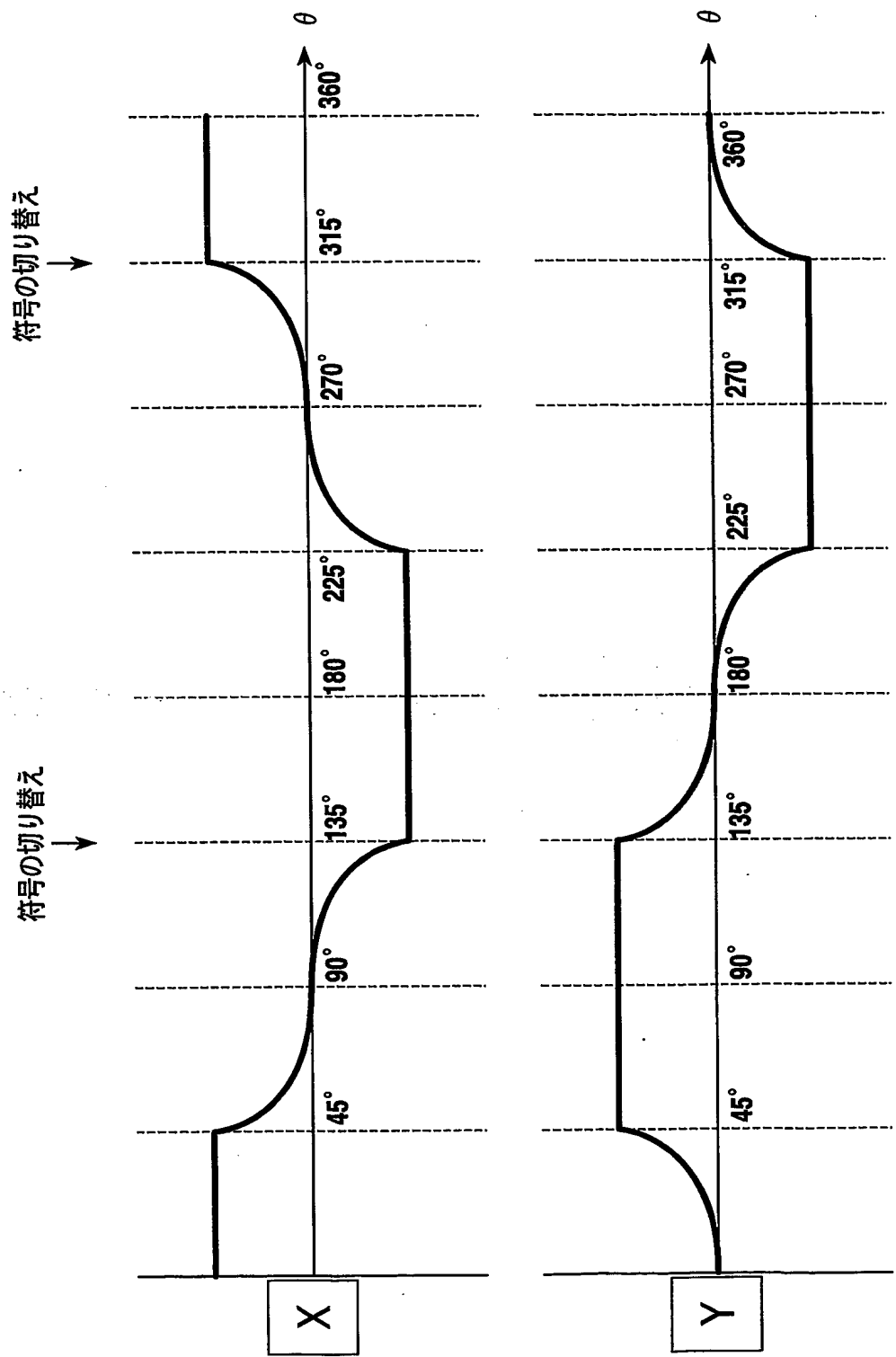
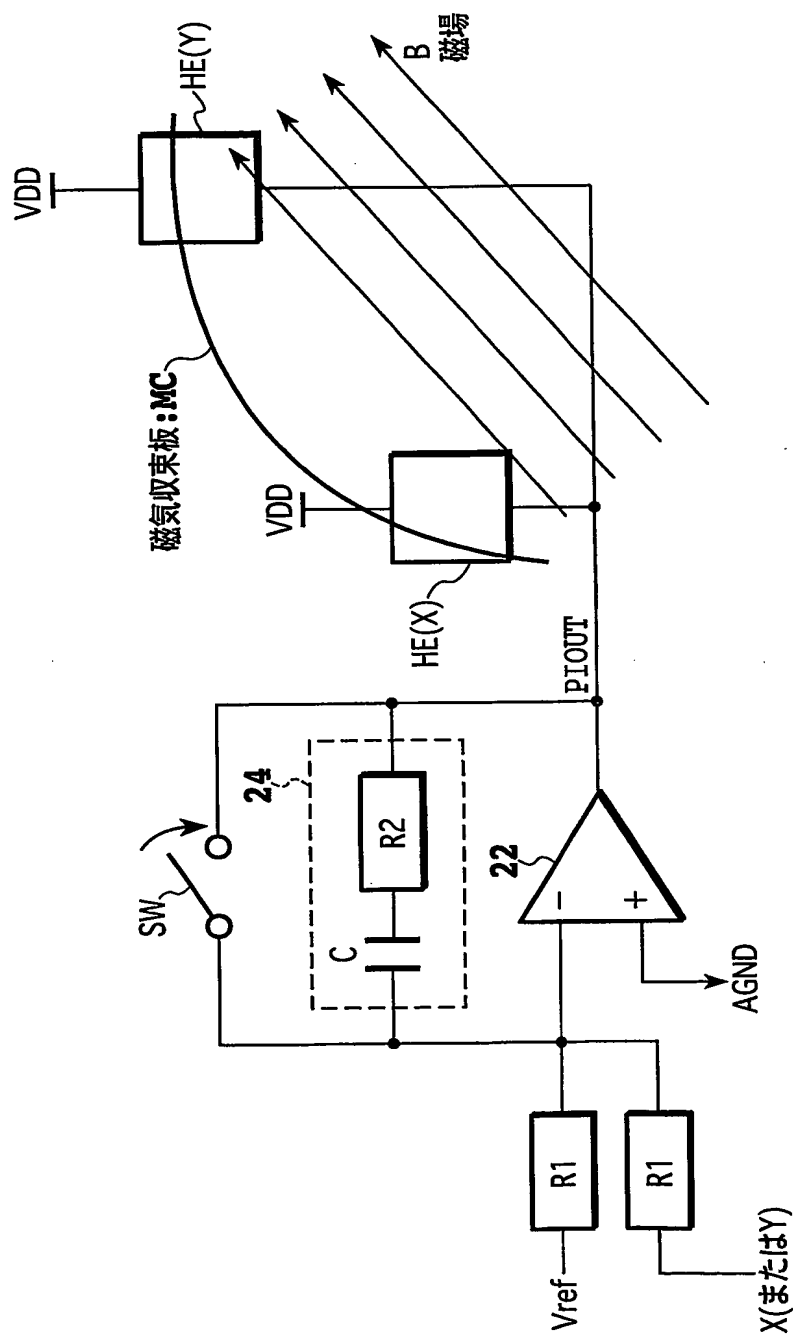


FIG.9

10/17



電源投入後における角度領域判定

FIG.10



11/17

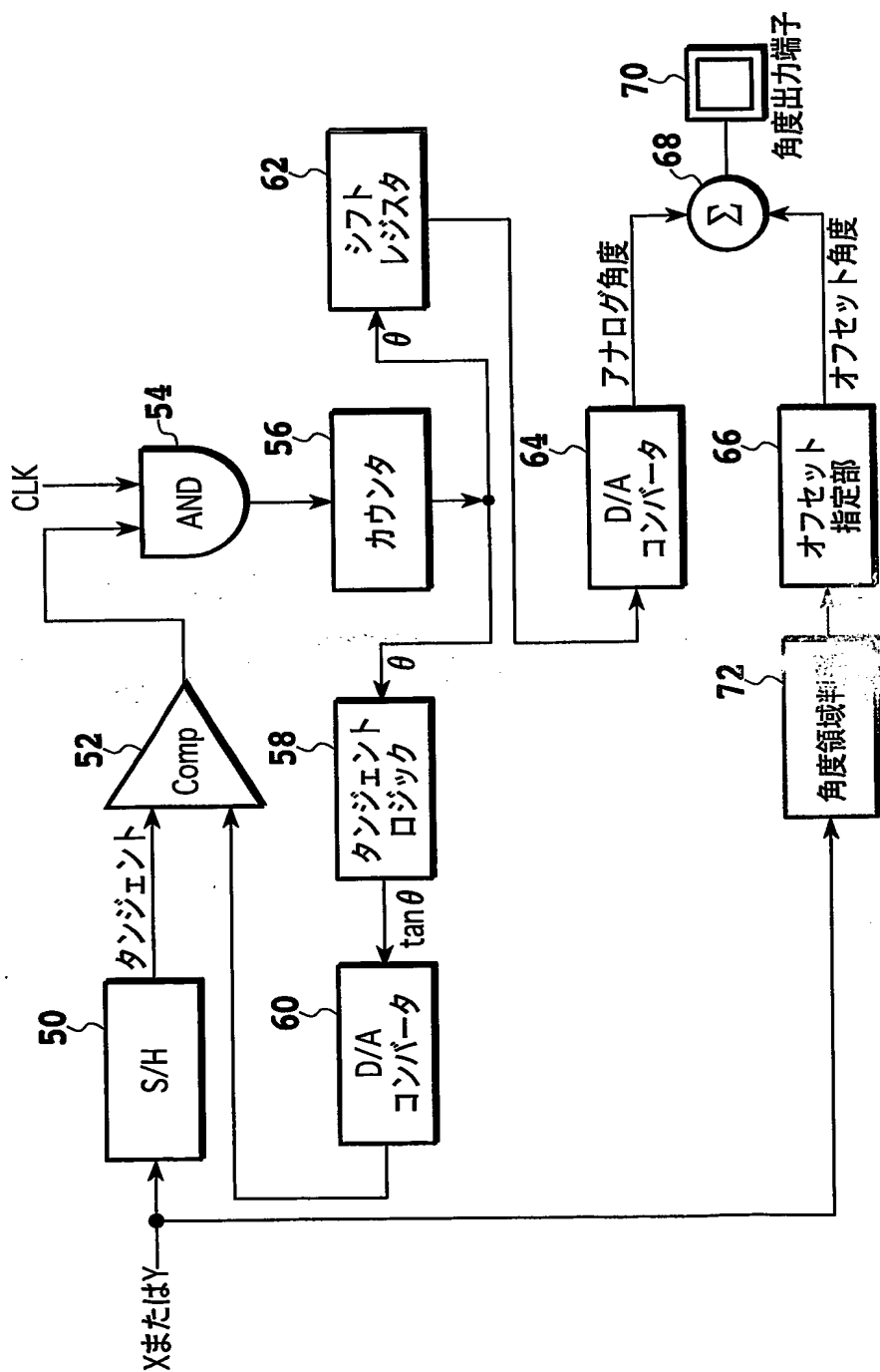


FIG.11

12/17

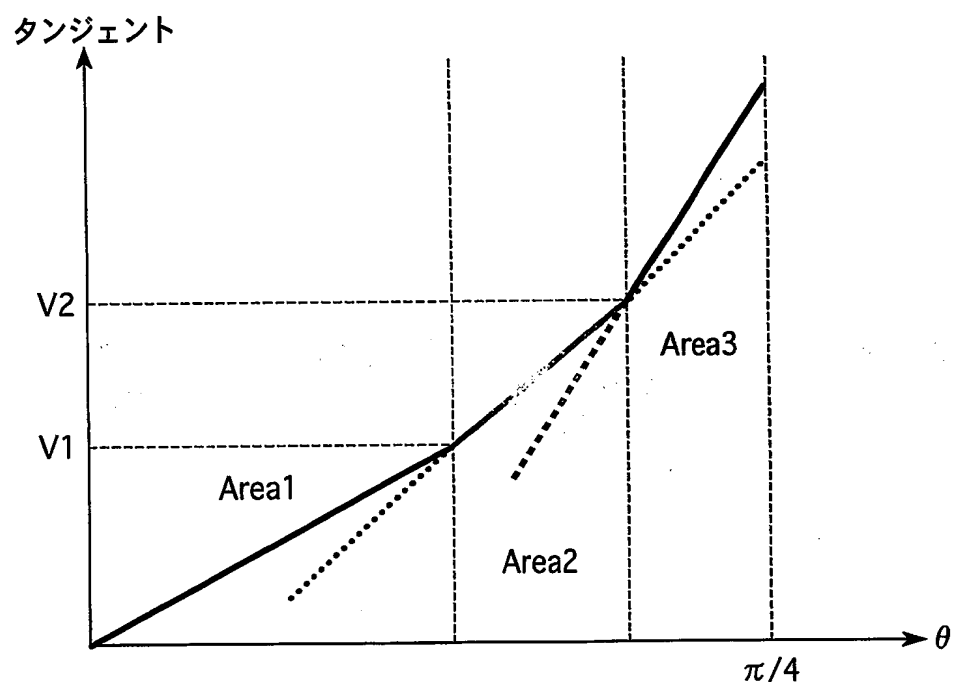


FIG.12

13/17

FIG.13A

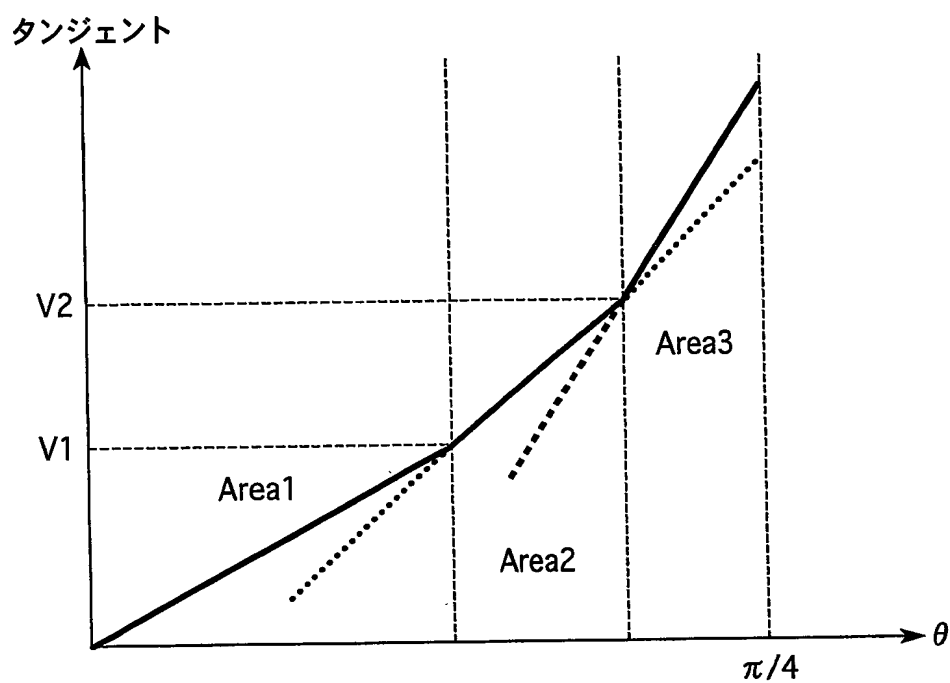
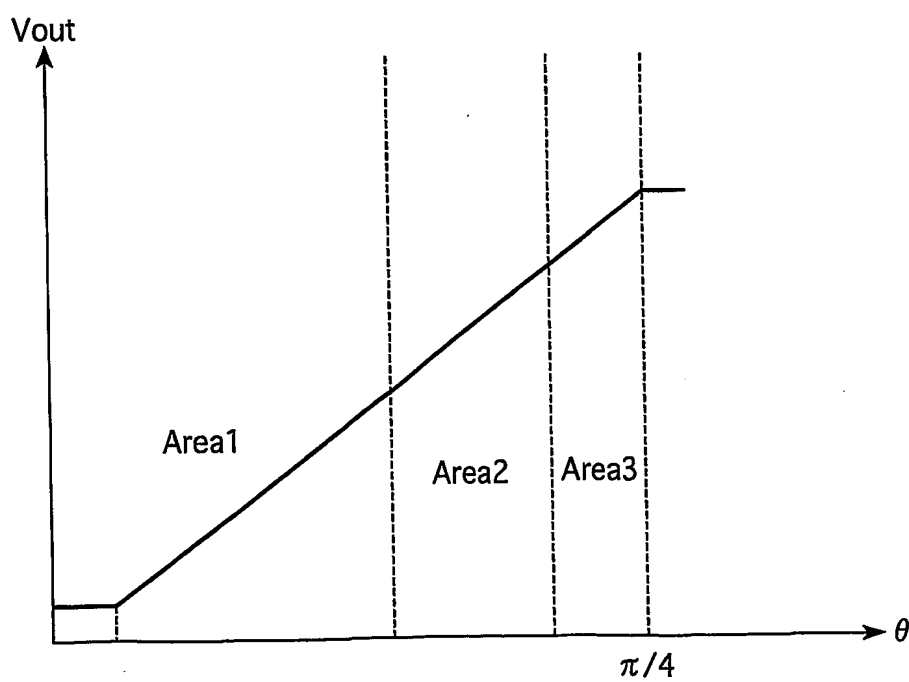


FIG.13B



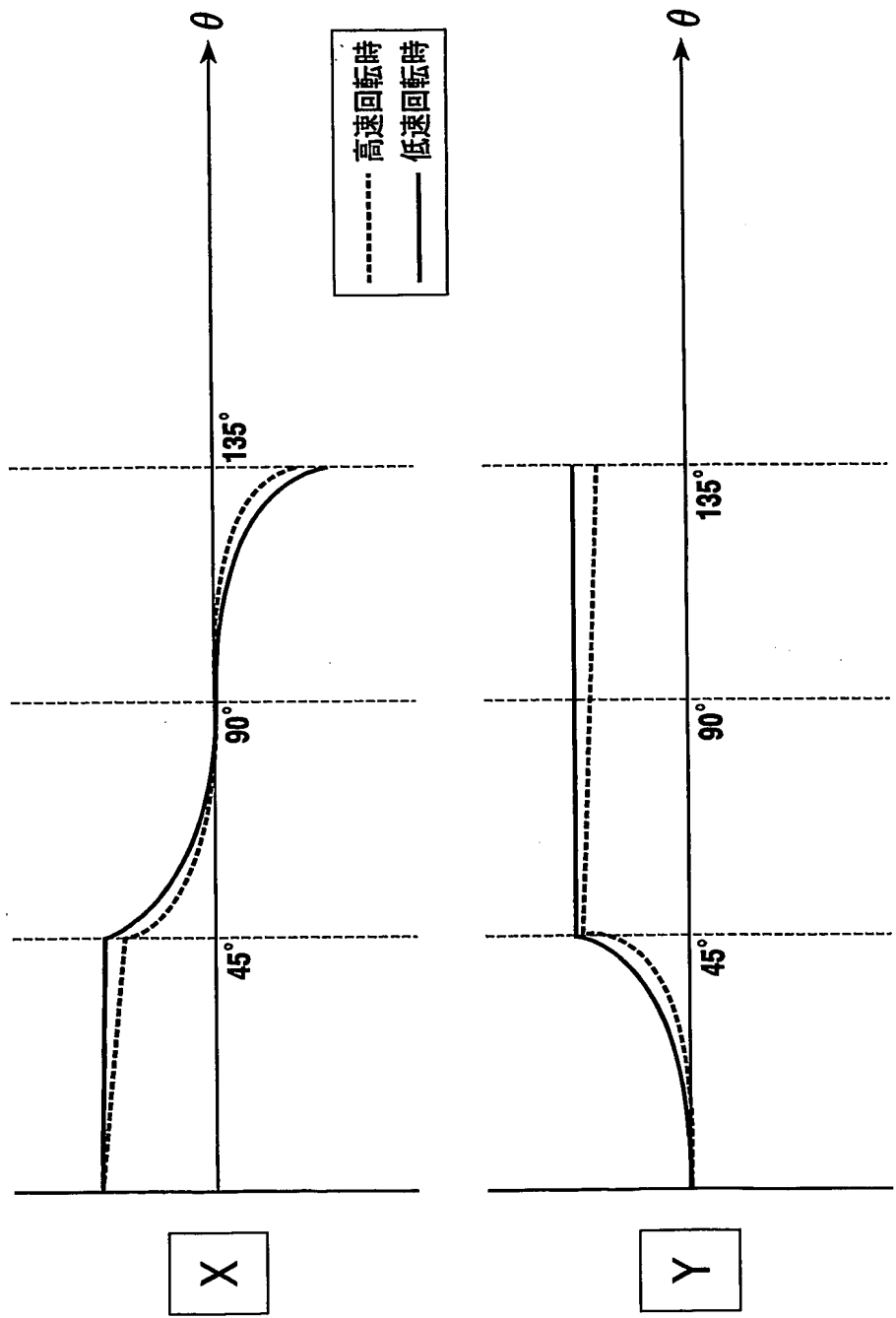


FIG.14

15/17

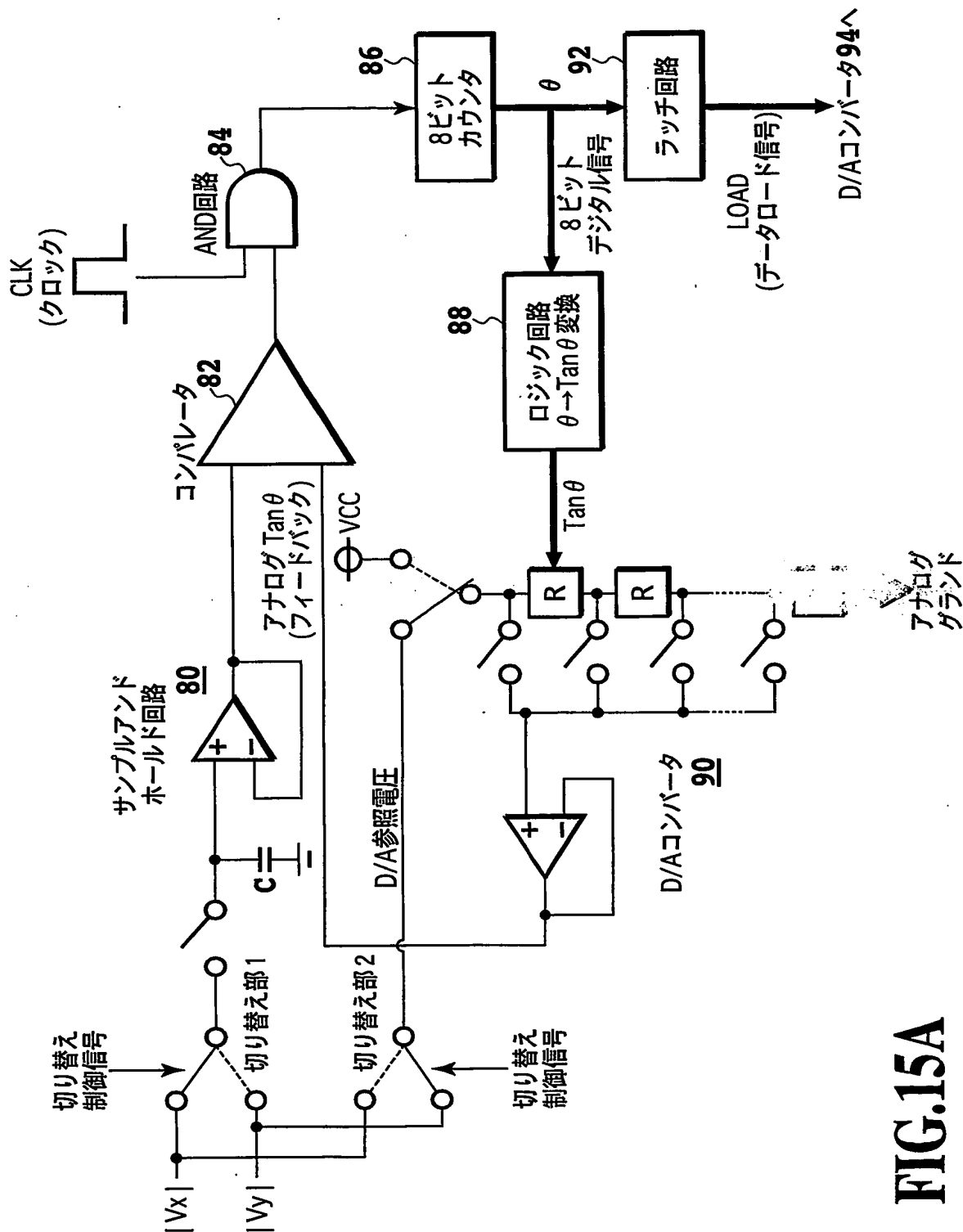


FIG.15A

16/17

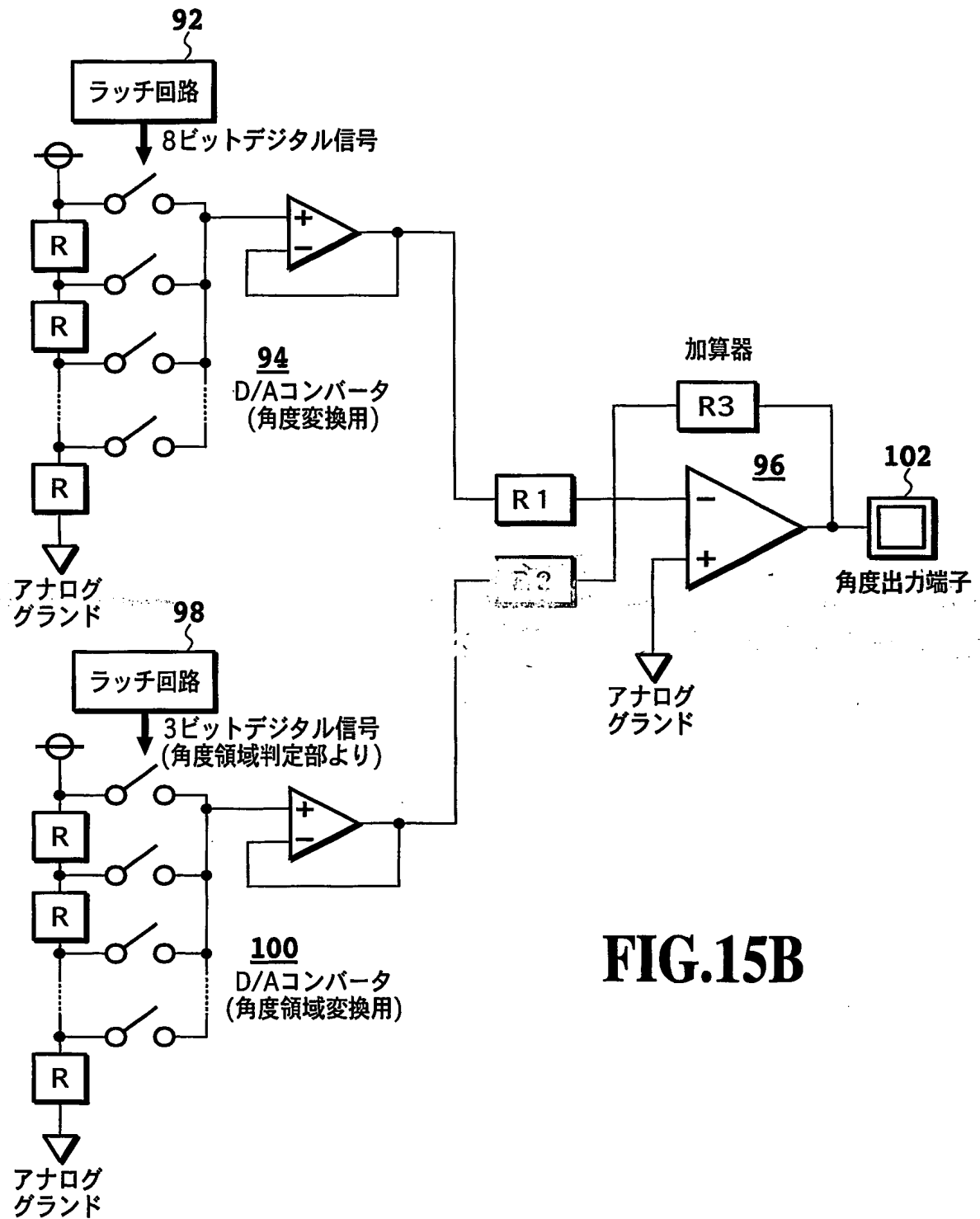


FIG.15B

17/17

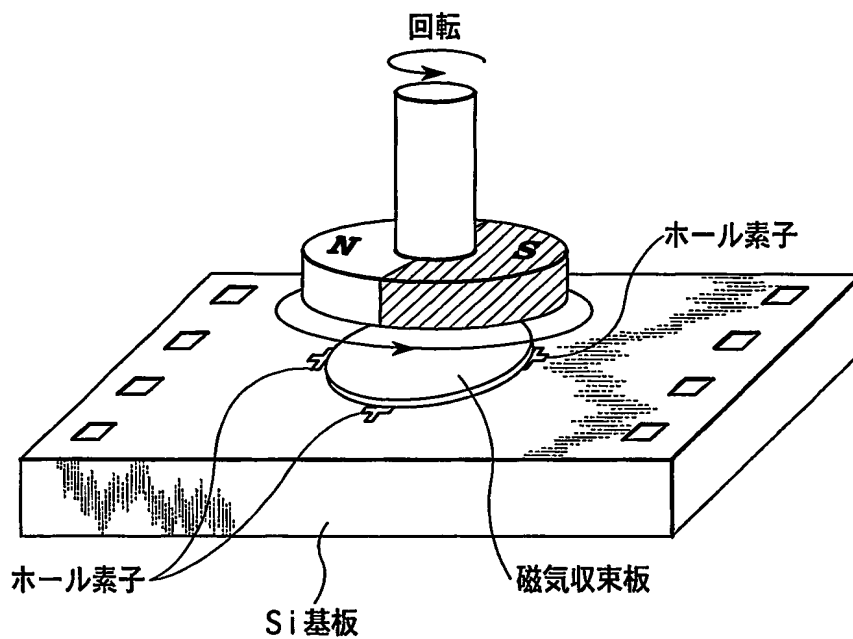


FIG.16A

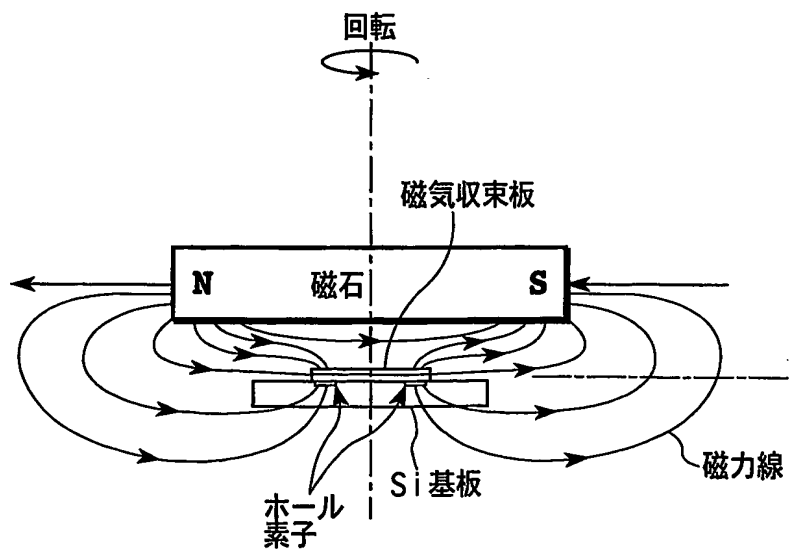


FIG.16B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/03457

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01D5/14, G01R33/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01D5/00-5/62, G01R33/00-33/26, G01B7/00-7/34,  
G01P1/00-3/80

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2002-54902 A (NIDEC Corp.), 20 February, 2002 (20.02.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-6, 26, 27, 29 7-25, 28
A	EP 1182461 A (SETRON AG.), 27 February, 2002 (27.02.02), Full text; all drawings & US 2002/21124 A & JP 2002-71381 A	1-29
A	JP 7-190800 A (Mikuni Corp.), 28 July, 1995 (28.07.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 June, 2003 (10.06.03)	Date of mailing of the international search report 08 July, 2003 (08.07.03)
---	--

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03457

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 871011 A (CTS Corp.), 14 October, 1998 (14.10.98), Full text; all drawings & CA 2234382 A & AU 6067198 A & TW 406465 B & JP 11-73226 A	1-29
A	JP 2000-329513 A (Denso Corp.), 30 November, 2000 (30.11.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-29

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01D5/14, G01R33/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01D5/00~5/62, G01R33/00~33/26, G01B7/00~7/34,  
G01P1/00~3/80

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-54902 A (日本電産株式会社) 2002. 02. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6, 2 6, 27, 2 9
A		7-25, 2 8,
A	EP 1182461 A (SENTRON AG) 2002. 02. 27, 全文, 全図&US 2002/21124 A &JP 2002-71381 A	1-29

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 06. 03

国際調査報告の発送日

08.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 昌宏



2F

9504

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 7-190800 A (株式会社ミクニ) 1995. 07. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-29
A	EP 871011 A (CTS Corporation) 1998. 10. 1 4, 全文, 全図 & CA 2234382 A & AU 6067198 A & TW 406465 B & JP 11-73226 A	1-29
A	JP 2000-329513 A (株式会社デンソー) 2000. 11. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-29